

原 著

肺結核後遺症を中心とした慢性呼吸不全患者における  
デマンド型酸素供給装置の有用性の検討

東 本 有 司 ・ 町 田 和 子 ・ 芳 賀 敏 彦

国立療養所東京病院呼吸器科

受付 平成2年2月17日

USEFULNESS OF DEMAND OXYGEN DELIVERY SYSTEM FOR  
PATIENTS WITH CHRONIC RESPIRATORY FAILURE DUE  
TO MAINLY TUBERCULOSIS SEQUELAE

Yuji HIGASHIMOTO\*, Kazuko MACHIDA  
and Toshihiko HAGA

(Received for publication February 17, 1990)

To evaluate the usefulness of a new oxymatic conserver, Demand Oxygen Delivery System (DODS), we compared DODS breathing with Standard steady flow (SF) breathing in thirteen subjects with chronic respiratory failure due to mainly tuberculosis sequelae. The value of the DODS (Oxymatic) is that it delivers oxygen only during early inspiration, so as to minimize loss from delivery during expiratory phase. Improvement of  $SA_{O_2}$ , measured by BIOX 3740, and  $Pa_{O_2}$  were observed at rest and on exercise. The oxygen consumption ratio of the DODS to the SF method was between 0.5 and 0.3, favoring the DODS over the SF method. In some patients DODS hardly ran at rest. But no problems are observed during exercise. The results indicate the effectiveness of DODS in advancement of quality of life patients with chronic respiratory failure.

**Key words:** Demand oxygen delivery system, Chronic respiratory failure, Home oxygen therapy, Tuberculosis sequelae, Intermittent oxygen flow, Exercise test

**キーワード:** デマンド型酸素供給源, 慢性呼吸不全, 在宅酸素療法, 結核後遺症, 間欠的酸素投与, 運動負荷試験

## はじめに

在宅酸素療法の普及に伴い、長時間使える携帯酸素への要望が多くなってきた<sup>1)~3)</sup>。そこで、この目的のため、吸気による鼻カニューラ内の陰圧を感知して作動するデマンド型酸素供給器オキシマチックコンサーバーを

当院の肺結核後遺症を中心とした慢性呼吸不全患者13例に使用し、その有用性を検討した。

## 装 置

オキシマチックコンサーバーは Fig. 1 に示すような外観で、酸素ボンベと鼻カニューラのあいだに接続し、

\* From the Division of Respiratory Diseases, Tokyo National Chest Hospital, 3-1-1 Takeoka, Kiyose, Tokyo 204 Japan.

吸気時の陰圧を感知して作動し、1回35 ccの酸素を供給する。酸素供給回数は4段階に設定でき、ダイヤル4では毎呼吸作動し、ダイヤル3, 2, 1ではそれぞれ2呼吸, 3呼吸, 4呼吸に1回作動する。

#### 対象および方法

対象は肺結核後遺症10例, DPB3例で、平均年齢61.7歳, 男性12例, 女性1例, %肺活量は平均36.7%, 一秒率は平均57.1%である。また安静時室内気における $PaO_2$ は平均58.0 Torrである (Table 1)。

方法は、まず安静座位で室内気からダイヤル4, ダイ

アル1, 酸素定常流 (処方流量) の順に設定を変更し動脈血酸素飽和度と脈拍数 (Ohmeda Medical社製 BI-OX 3740 とアムコ社製 PULSOX DP-7 パルスオキシメーターを使用), 呼吸パターン (Chest社レスピグラフを使用) を記録した。血液ガス (コーニング社178を使用) も採取, 分析した。デマンドバルブの作動は作動音 (バルブ開放音, 駆出音) により確認した。歩行時にも同様に動脈血酸素飽和度, 呼吸パターン, 脈拍数を記録した。なお歩行負荷にはトレッドミル (1~1.6 km/h) を使用した。歩行負荷は疲れなくて15分間歩行できるスピードで行った。

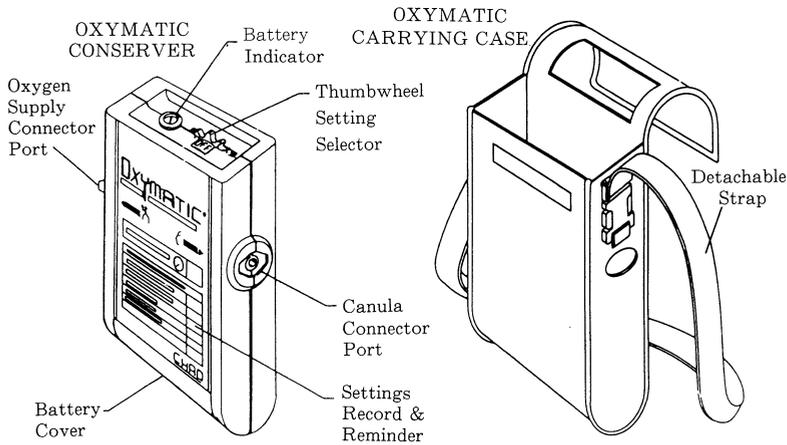
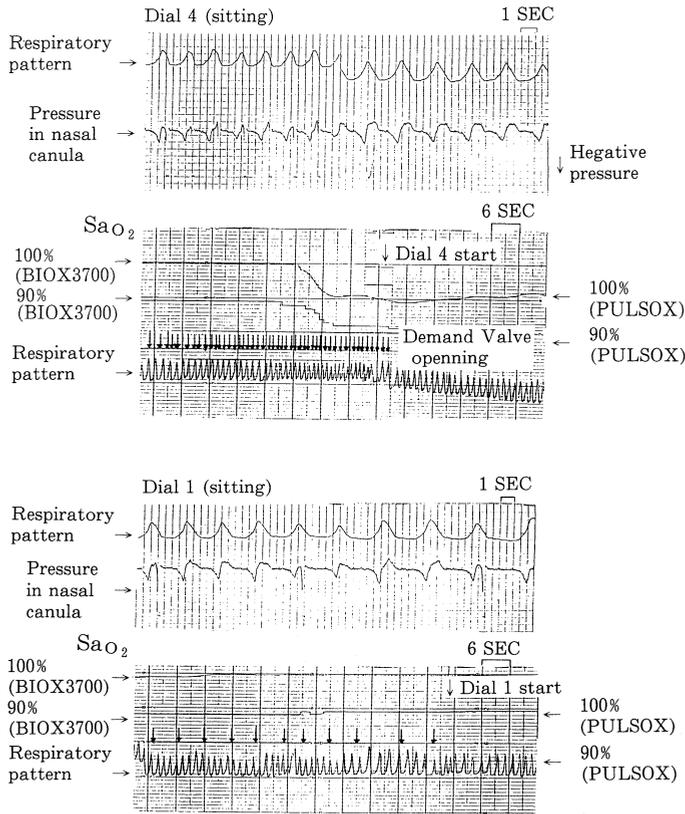


Fig. 1. DODS valve (Demand Oxygen Delivery system)

Table 1. Subject

Case	Age	sex	Underlying disease	%VC (%)	FEV <sub>1.0</sub> (%)	PO <sub>2</sub> (Torr)	PCO <sub>2</sub> (Torr)
1	58	M	TB-seq.	27.8	60.3	54.7	76.3
2	56	M	DPB	52.6	43.5	62.1	48.7
3	53	M	DPB	44.9	44.9	54.2	67.5
4	64	M	TB-seq.	26.4	73.0	53.2	58.3
5	66	M	TB-seq.	26.4	77.0	42.1	68.0
6	56	F	TB-seq.	34.5	78.5	73.4	66.8
7	67	M	TB-seq.	54.1	50.9	62.7	51.8
8	58	M	TB-seq.	27.6	57.7	65.2	69.6
9	72	M	TB-seq.	24.9	59.2	59.0	74.7
10	67	M	TB-seq.	43.4	34.0	44.1	60.0
11	57	M	TB-seq.	33.4	45.0	57.7	72.3
12	55	M	DPB	34.0	64.2	59.0	45.9
13	73	M	TB-seq.	47.6	54.6	66.8	45.2
mean	61.7	M12/F1		36.7 ± 10.5	57.1 ± 13.6	58.0 ± 8.7	61.9 ± 11.0

TB-seq.; tuberculosis sequalee



**Fig. 2.** Continuous monitoring of Respiratory Pattern, Pressure in nasal canula,  $SaO_2$ , and Opening of DODS valve (Patient No. 8, 58 years old ♂, tuberculosis sequaleae)

なお、データの推計学的解析は student の paired t-test により行った。

**結 果**

1) 作動状況。症例によりデマンドバルブの作動性にばらつきがみられた。作動のよい例では、ダイヤル4で、ほぼ1呼吸ごとに作動し、ダイヤル1で、ほぼ4呼吸に1回作動した (Fig. 2)。作動の悪い例ではダイヤル4でも1呼吸ごとに作動しなかった。なお、ダイヤル4において1分間のオキシマチック作動数の呼吸数に対する割合を作動率とした。安静時作動率は16%から100%までみられ、平均42%であった。また、歩行負荷を施行してきた7例では全例歩行時の方が作動率が高く、平均86% (63~100%) であった (Table 2)。

2) 安静時  $SaO_2$ 。安静時室内気  $SaO_2$   $91.7 \pm 4.6\%$  がダイヤル1で  $96.9 \pm 2.1\%$ 、ダイヤル4で  $97.9 \pm 2.4\%$  と  $SaO_2$  は室内気には比べダイヤル4、ダイヤル1ともに有意に高かった。なおダイヤル1、4ともに定常流と

有意差は見られなかった。  $PaO_2$  についても同様の結果であった (Table 3)。個々の症例についてみても本装置使用時には全例で、室内気と比べて  $SaO_2$ 、 $PaO_2$  の上昇が認められた。呼吸数、心拍数については、各条件間に有意差は認められなかった。

3) 運動時 (歩行時)  $SaO_2$  (Table 4)。室内歩行時  $SaO_2$   $89.1 \pm 4.6\%$  がダイヤル4歩行で  $97.6 \pm 3.0\%$ 、定常流で  $95.8 \pm 2.8\%$  とダイヤル4では室内気には有意に高く、ダイヤル4と定常流との間に有意差は認められなかった。

4) 酸素消費量の節約効果 (Table 5)。デマンドバルブが1回作動すると35ccの酸素が供給される。表の左側は毎呼吸作動した場合の理論値で、右側は実測値である。酸素消費量を患者の処方酸素量で割った値を酸素節約度とした。ほとんどの症例でこの値は0.3から0.5となった。つまり、処方量の3分の1から2分の1酸素消費量となった。

5) 長期使用例。症例は56歳女性、肺結核後遺症で

Table 2. Opening of DODS valve

Patient No.	rest (sitting) No. of open/R.R (ratio)	exercise No. of open/R.R (ratio)
1	9/23 (0.39)	
2	9/18 (0.5)	
3	3/18 (0.16)	20/24 (0.83)
4	6/21 (0.29)	27/30 (0.9)
5	8/25 (0.32)	
6	29/29 (1.0)	31/31 (1.0)
7	7/24 (0.29)	27/27 (1.0)
8	27/29 (0.93)	
9	4/25 (0.16)	
10	9/27 (0.33)	
11	5/18 (0.28)	16/18 (0.89)
12	10/34 (0.29)	25/40 (0.63)
13	13/25 (0.52)	25/40 (0.63)
mean ±SD	(0.42±0.25)	(0.86±0.15)

Open ratio ; number of open of DODS valve/Respiration Rate  
R.R ; Respiration Rate

Table 3. Arterial Blood Gas data, Pulse Rate, Respiration frequency at rest (sitting)

	room air	DIAL 4	DIAL 1	O <sub>2</sub> steady flow
No.	18	12	17	10
SaO <sub>2</sub> (%)	91.7±4.6	97.9±2.4**	96.9±2.1**	97.3±2.2**
PR (/m)	91.2±12.6	88.5±11.8	91.3±10.2	90.6±11.4
RR (/m)	25.6±6.2	23.6±5.9	23.7±5.6	24.5±4.6
Pco <sub>2</sub> (Torr)	61.0±10.2	57.2±13.4	61.3±9.1	69.3±9.6
PaO <sub>2</sub> (Torr)	57.5± 8.1	107.9± 33.2**	84.0± 27.7**	91.5± 16.8**
pH	7.38± 0.04	7.40± 0.05	7.39± 0.05	7.35± 0.04

\*\*P<0.01 compared with room air breathing  
DIAL 1, 4 ; DODS

ある。室内気と比べ、ダイアル1, 4ともにSaO<sub>2</sub>が有意に高く、定常流とは有意差がなかった。患者より、当初、鼻部不快感と作動時の噴出音が気になるとの訴えがあったが、使用とともに訴えは少なくなった。

## 考 察

慢性呼吸不全患者の在宅酸素療法の普及に伴い、軽量で長時間使える携帯酸素に対する要望は大きい。携帯用酸素

**Table 4.** Arterial Blood Gas data, Pule Rate, Respiration Rate during exercise (walking)

REST (sitting)			
	room air	Dial 4	
N	7	7	
SaO <sub>2</sub> %	92.3±4.5	98.4±1.5*	
PR (/m)	86.6±9.9	85.2±10.9	
RR (/m)	26.9±6.4	23.9±6.3	

EXERCISE (WALKING)			
	room air	Dial 4	continuous O <sub>2</sub> flow
N	7	7	4
SaO <sub>2</sub> %	89.1±4.6	97.6±3.0**	95.8±2.8*
PR (/m)	97.1±10.3	94.0±8.7	99.5±9.7
RR (/m)	28.0±7.0	2.71±7.4	25.5±7.3

\*P&lt;0.05 \*\*P&lt;0.01 compared with room air breathig

**Table 5.** Saving benefit of DODS during exercise  
Oxygen Saving = O<sub>2</sub> Delivery from DODS ÷ steady flow delivery

	steady oxygen flow	O <sub>2</sub> from DODS ideal value	O <sub>2</sub> from DODS actual value
Pt. No.	flow rate (L/m)	35ml × R.R (O.S.)	35ml×No. of run (O.S.)
1	3.0	800 (0.27)	700 (0.23)
2	2.0	1050 (0.53)	945 (0.47)
3	2.0	1085 (0.54)	1085 (0.54)
4	2.0	945 (0.47)	945 (0.47)
5	2.0	960 (0.48)	630 (0.32)
6	3.0	1400 (0.47)	875 (0.29)
7	2.0	1400 (0.7)	875 (0.44)
mean ±SD		1091 ± 212 (0.49 ± 0.12)	865 ± 143 (0.39 ± 0.11)

R.R ; respiration rate O.S. : Oxygen Saving  
No. of run ; Number of run of DODS

としては、酸素ポンペ、携帯用液化酸素、携帯用酸素濃縮器がある。酸素ポンペは簡便であるが、比較的容量が小さく長時間使えない。携帯用液化酸素は長時間使えるが、取扱いがやや煩雑である。携帯用酸素濃縮器は電源があれば長時間使えるが、まだ膜型しかなく、酸素濃度も40%止まりであり、また、重いという欠点がある。一方、酸素吸入流量を減らす試みとしては、Oxymizer、

Oxymizer pendentなどのリザーバーを用いるもの<sup>4)~6)</sup>、経気管酸素投与法、間欠的酸素供給装置を用いるものがある。前2者は、いずれも標準的鼻カニューラに比べ約半分の酸素消費で同等の酸素化が得られるが、リザーバーは外観にやや難があり、経気管酸素投与は手技がやや煩雑で外科的処置が必要である<sup>7)</sup>。

間欠的酸素投与の有効性を示した報告は20年前から

みられる。1963年 Cotesらは、手動式バルブ (palm breathing device) を報告した<sup>8)</sup>。以後、胸腹壁の動きをトリガーにしたデマンドバルブ<sup>9)</sup>や鼻カニューラの先端につけたサーミスターをトリガーとしたデマンドバルブ<sup>10)</sup>などが報告されている。しかし、近年、プレッシャータイプ (吸気時の鼻カニューラ内の陰圧をトリガーにしたバルブ) の開発が多い<sup>11)~17)</sup>。これらの報告ではデマンドバルブにより酸素消費量が11~70%に節約されている。この節約割合の違いはデマンドシステムの違いと各施設の患者の重症度の違いなどによると思われる。

今回検討したデマンド型酸素供給器オキシマチックコンサーバー (Fig. 1) は鼻カニューラ内の吸気時の陰圧を感じしバルブを開放し酸素を供給する装置である。これは動脈血の酸素化に寄与していない呼気相と吸気相の後半の酸素投与を節約し、酸素ポンペの使用時間を延長するとともにコストを軽減することが目的である。

今回の結果では、定常流酸素投与に比べ1/2から1/3の酸素量で同等の動脈血酸素化が得られた。同機を使用した Tiep らの報告では通常の酸素投与に比べ  $\text{SaO}_2$  90%に達するために必要な酸素量は約1/7に節約されたとしている<sup>13)</sup>。慶長らの報告では1/3~1/4であったとしている<sup>18)</sup>。

われわれの酸素節約度が Tiep や慶長らのそれより劣っていたのは、今回ダイヤル4に設定を統一して節約度の算出を行ったためと、当院では酸素吸入流量の少ない結核後遺症例が多いためと思われる。さらに患者によりデマンドバルブが吸気時にも開放せず酸素飽和度がなかなか増加しないこともあった。これは吸気相早期の鼻カニューラ内の陰圧が十分でないためと思われる。

しかし、全例、運動時が安静時より作動率はよく、安静座位にて作動率の悪い患者でも運動時には高い作動率が得られた。これは、運動時に換気量が増加し、鼻カニューラ内の陰圧が、より強くなるためと思われる。

また、今回われわれは行わなかったが、Bowerらは睡眠中にデマンドバルブを使用し、一部の症例で睡眠中一時、作動ミスがあったことを報告した<sup>19)</sup>。彼らはこれを睡眠中患者が口呼吸となりカニューラ内の陰圧が低くなるためだろうとしている。しかし、本機が外出時 (運動時) のみに使用されるならば作動率は比較的高く保たれるであろう。今まで、作動率を安静時と運動時で比較した報告はなく、今後さらに多くの症例による検討が必要と思われる。

また長期使用例では鼻部不快感や、夜間駆出音が気になるという訴えもあり、本機のシステム上の改善も必要と思われる。

## ま と め

デマンド型酸素供給器オキシマチックコンサーバーは、

定常流酸素投与に比べ1/2から1/3の酸素量で同等の酸素化が得られ、慢性呼吸不全症例において有用と思われる。しかし症例により作動状況が異なり、適応症例を選ぶ必要があると思われる。

## 文 献

- 1) Nocturnal Oxygen Therapy Trial Group : Continuous or Nocturnal Oxygen Therapy in Hypoxemic Chronic Obstructive Lung Disease, *Ann Intern Med*, 93 : 391-398, 1980.
- 2) Medical Research Council Working Party : Long Term Domiciliary Oxygen Therapy In Chronic Hypoxic Cor pulmonale Complicating Chronic Bronchitis And Emphysema, *The Lancet*, March 28 : 681-685, 1981.
- 3) N. R. Anthonisen, Winnipeg, Manitoba, Canada : Long term oxygen therapy, *An Intern Med*, 99 : 519-527, 1983.
- 4) Rick Carter, James S. Williams, Judy Berry : Evaluation of the pendant oxygen-conserving Nasal Cannula during Exercise, *Chest*, June 89 : 806-810, 1986.
- 5) Brian L. Tiep, Michael J. Belman, Charles Mittman : A new pendant storage oxygen conserving Nasal Cannula, *Chest*, Merch 87 : 381-383, 1985.
- 6) Michael Soffer, Donald P. Tashkin, Bertrand J. Shairo : Conservation of oxygen supply using a reservoir nasal cannula in hypoxemic patients at rest and during exercise, *Chest*, 88 : 663-668, 1985.
- 7) Kent L. Christopher, Bryan T. Spofford, Mark D. Petrun : A program for Transtracheal Oxygen Delivery, *An Intern Med*, 107 : 802-808, 1987.
- 8) J. E. Cotes, C. R. Matthews, P. M. Tasker : Continuous versus intermittent administration of oxygen during exercise to patients with chronic lung disease, *The Lancet*, May 18 : 1075-1077, 1963.
- 9) Pflug, A.E., Cheney, F.W., Butler, J.: Evaluation of an intermittent oxygen flow system, *Am Rev Respir Dis*, 105 : 449-452, 1972.
- 10) Mark Mecikalski, John W. Shigeoka : A Demand Valve Conserves Oxygen in Subjects with Chronic Obstructive Pulmonary Disease, *Chest*, November 86 : 667-670, 1984.
- 11) Michael, E., Rinow, M.D., Alan, R.: Effec-

- tiveness of a New Oxygen Demand Valve in Chronic Hypoxemia, *Chest*, August 90 : 204-207, 1986.
- 12) David Auerbach, Michael R. Flick : A New Oxygen Cannula System Nasal Flow, *Chest*, July : 39-44, 1978.
  - 13) Brian L. Tiep, Rick Carter, M. Brooke Nicotra : Demand Oxygen Delivery during Exercise, *Chest*, January 91 : 15-20, 1987.
  - 14) Brian L. Tiep, M. Brooke Nicotra, Rick Carter : Low-concentration Oxygen Therapy Via a Demand Oxygen Delivery System, *Chest*, 87 : 636-638, 1985.
  - 15) M. R. Flick, D. Auerbach, A. J. Block : Intermittent demand flow nasal cannula system, *Am Rev Respir Dis*, 115 : 106, 1977.
  - 16) Miguel A. Franco, Juan A. Llompарт, Robert Teague : Pulse dose oxygen delivery system, *Resp Care*, 29 : 1034, 1984.
  - 17) Philip Charles Krause, Charles F. Babbs : An inspiration-triggered Delivery System for Oxygen Therapy via a Nasal Cannula, *Medical instrumentation*, 19 : 179-183, 1985.
  - 18) 慶長直人, 工藤翔二, 植竹健司 : 在宅酸素療法下の慢性呼吸不全患者におけるデマンド型酸素供給弁の酸素節約率と有用性, *呼吸*, 7巻5号 : 608~612, 1988.
  - 19) James S. Bower, Charles J. Brook, Kelly Zimmer : Performance of a Demand Oxygen Saver System during Rest, Exercise, and Sleep in Hypoxemic Patients, *Chest*, 94 : 77-80, 1988.